



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 23 592 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 23 C 14/22**  
H 05 B 7/18

②1 Aktenzeichen: P.42 23 592.8  
②2 Anmeldetag: 17. 7. 92  
④3 Offenlegungstag: 5. 1. 94

DE 42 23 592 A 1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
24.06.92 DE 42 20 589.1

⑦1 Anmelder:  
Leybold AG, 63450 Hanau, DE

⑦4 Vertreter:  
Schlagwein, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61231 Bad  
Nauheim

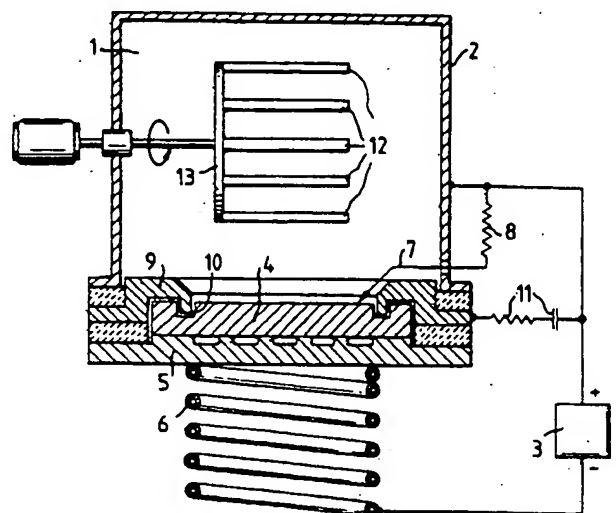
⑦2 Erfinder:  
Hovsepian, Papken, Dr., Rousse, BG; Hensel, Bernd,  
Dipl.-Ing., 6000 Frankfurt, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	31 52 736 C2
DE	40 22 308 A1
DE	40 08 850 A1
SU	9 28 676
SU	6 10 326

⑤4 Lichtbogen-VerdampfungsVorrichtung

⑤7 Bei einer Lichtbogen-VerdampfungsVorrichtung erfolgt die Stromzuführung zum Target (4) durch eine Magnetspule (6) hindurch, welche zur Festlegung einer umlaufenden Bahn des Lichtbogenspots auf der Targetoberfläche dient. Das von dieser Magnetspule (6) erzeugte Magnetfeld übersteigt nicht die Größe von  $10^{-3}$  T. Dadurch führt der Lichtbogen-spot während seiner umlaufenden Bewegung zugleich eine radial hin- und hergehende Wobblebewegung auf, wodurch von ihm größere Bereiche der Targetoberfläche erreicht werden. Die niedrige Magnetisierung trägt zusätzlich zur Erhöhung der Targetausbeute und Verminderung der Dropletzahl bei.



E 42 23 592 A 1

Die Erfindung betrifft eine Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung zum Verdampfen eines an einer Kathode anliegenden Targets mittels zumindest eines durch einen von einem Lichtbogenstrom einer Stromquelle erzeugten Lichtbogenspots, welche zum Richten und Bewegen des Lichtbogenspots auf der Targetoberfläche mittels eines äußeren Magnetfeldes eine Magnetspule hat und bei der das Target in eine an die Anode angeschlossene Vakuumkammer ragt.

Solche Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtungen sind beispielsweise in der US-A-4,512,867 oder der DE-C-35 28 677 beschrieben. Diese bekannten Vorrichtungen haben jeweils einen Generator für die Erzeugung des Lichtbogenstromes und einen Generator für die Bestromung der Magnetspule. Durch eine große Magnetfeldstärke in der Größenordnung von  $10^{-2}$  Tesla wird erreicht, daß sich der Lichtbogenspot durch den Hall-Effekt statt auf einer sich zufällig ergebenden, völlig unregelmäßigen Bahn, wie beim "random arc"-Verfahren auf einer genau definierten Bahn bewegt, welche normalerweise durch zwei jeweils von einem Halbkreis miteinander verbundenen Geraden definiert ist. Die bei den beiden genannten Vorrichtungen sich ergebende Verfahrensweise wird daher auch als "steered arc"-Verfahren bezeichnet.

Der große Vorteil des "steered arc"-Verfahrens gegenüber dem "random arc"-Verfahren liegt darin, daß in erster Linie durch eine größere Geschwindigkeit des Lichtbogenspots weniger Targetmaterial statt als Dampf unerwünschterweise in Form von Tropfen (Droplets) in die Vakuumkammer gelangt. Solche Droplets bilden auf dem zu beschichtenden Substrat eine unerwünschte, unregelmäßige und raue Oberfläche. Erkauft wird bei "steered arc" der Vorteil der geringen Dropletzahl allerdings durch eine wesentlich geringere Targetausbeute, was dadurch bedingt ist, daß der Lichtbogenspot sich nur auf einer genau definierten Bahn über die Targetoberfläche bewegt und daß infolge des hohen magnetischen Feldes der Lichtbogenspot eine im Querschnitt sehr spitzwinklige, v-förmige Rille in der Targetoberfläche erzeugt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung der eingangs genannten Art so zu gestalten, daß sich bei möglichst geringer Dropletzahl eine hohe Targetausbeute erzielen läßt.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch Mittel zum Einstellen des äußeren Magnetfeldes ( $B_s$ ) auf den jeweiligen Wert des Eigenmagnetfeldes des Lichtbogenstroms ( $B_i$ ) und dadurch, daß die Feldstärke des äußeren Magnetfeldes einen Wert von  $10^{-3}$  T nicht übersteigt.

Durch dieses im Vergleich zum "steered arc"-Verfahren wesentlich geringere Magnetfeld wird der Lichtbogenspot weniger fest auf einer genau definierten Bahn geführt. Versuche haben gezeigt, daß er während seiner Umlaufbewegung eine ständige, radiale Schwingbewegung ausführt. Er läuft somit auf einer Wobblekurve um. Dadurch wird eine wesentlich größere Oberfläche des Targets vom Lichtbogenspot erreicht, so daß deshalb die Targetausbeute höher wird als bei "steered arc"-Prozeß. Da die Feldstärke des äußeren Feldes geringer als beim Stand der Technik ist, entsteht durch den Lichtbogenspot in der Targetoberfläche statt eine v-förmige Rille eine im Querschnitt trogförmige Rille, was ebenfalls die Targetausbeute erhöht.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist sehr einfach zu regeln, da nur darauf geachtet werden muß, daß das Eigenmagnetfeld des Lichtbogens gleich dem des äußeren Magnetfeldes ist. Bei einer Erhöhung des Eigenmagnetfeldes durch Erhöhung des Stromes muß lediglich durch einfache Mittel dafür gesorgt werden, daß sich das äußere Magnetfeld entsprechend erhöht.

Ganz besonders einfach ist die Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung gestaltet, wenn gemäß einer Weiterbildung der Erfindung die Kathode der Stromquelle über die Magnetspule mit dem Target verbunden ist. Bei einer solchen Vorrichtung kommt man ohne Stellelemente und Regeleinrichtungen für die Magnetspule aus, da ein sich verändernder Lichtbogenstrom zwangsläufig im gleichen Maße wie das Eigenmagnetfeld des Lichtbogens das äußere Magnetfeld verändert. Somit tritt ein Selbstregelleffekt auf. Eine solche Ausführungsform ist auch deshalb sehr kostengünstig, weil kein zusätzlicher Generator mit Regelung für die Magnetspule erforderlich wird. Weiterhin wird die Leistung des Verdampfers aufgrund der Induktivität der Magnetspule stabilisiert. Auch erhöht sich die Plasmabildung beträchtlich, wodurch sich die Prozeßbedingungen für das Ätzen und anschließende Beschichten verbessern.

Eine noch größere Targetausbeute läßt sich dadurch erzielen, daß die Magnetspule quer zur Ebene des Targets motorisch verschiebbar ausgebildet ist.

Eine Zerstörung von Isolatoren durch die die Targetstirnseite verlassende Lichtbogenspots kann auf einfache Weise verhindert werden, indem im Randbereich der Kathodenoberfläche eine umlaufende Nut vorgesehen ist, in welche eine Abschirmung aus einem elektrisch leitenden Material ohne Berührung der Kathodenoberfläche greift und die über ein RC-Glied mit der Anode verbunden ist. Eine solche Abschirmung vermag die Ladung der sie erreichenden Lichtbögen rasch aufzunehmen und führt somit zu einem Löschen der Lichtbögen.

Das Zünden des Lichtbogenspots kann mit einfachen Mitteln dadurch erreicht werden, daß ein über einen ohmschen Widerstand mit der Anode verbundener Zündfinger vorgesehen ist. Durch den ohmschen Widerstand erreicht man, daß nicht der volle Lichtbogenstrom durch den Zündfinger fließt, wenn dieser das Target berührt, was zu einem Anbacken führen würde.

Wenn zur gleichzeitigen Beschichtung einer größeren Anzahl von Substraten hohe Verdampfungsleistungen erforderlich sind, dann kann man gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung das Target als einen Rohrkörper mit einer darin motorisch verdrehbaren Magnetspule ausbilden und die zu beschichtenden Substrate ringförmig um den Rohrkörper herum anordnen.

Eine optimale Ausnutzung des Targetmaterials erreicht man, wenn gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung das Target ein motorisch verdrehbarer, eine ortsfeste Magnetspule umgebender Rohrkörper ist.

Auch bei einem solchen rohrförmigen Target kann man eine wirkungsvolle und einfache Abschirmung dadurch vorsehen, daß in der äußeren Mantelfläche des das Target bildenden Rohrkörpers jeweils eine umlaufende Nut vorgesehen ist, in welche von den Stirnseiten des Rohrkörpers her die Abschirmung greift.

Üblicherweise wird man als Stromquelle eine Gleichstromquelle vorsehen. Wenn die Temperatur der Substrate niedrig gehalten werden muß, dann ist eine andere Weiterbildung der Erfindung vorteilhaft, gemäß der die Stromquelle eine unipolare, gepulste Stromquelle ist.

Die Erfindung läßt zahlreiche Ausführungsformen zu. Zu ihrer weiteren Verdeutlichung sind vier davon in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach der Erfindung.

Fig. 2 einen gegenüber Fig. 1 geänderten Bereich der Vorrichtung.

Fig. 3 eine Draufsicht auf das Target gemäß den Fig. 1 und 2.

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform einer Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach der Erfindung.

Fig. 5 einen Querschnitt durch eine vierte Ausführungsform der Erfindung.

Die Fig. 1 zeigt eine Vakuumkammer 1, deren Gehäuse 2 an der Anode einer als Gleichstromgenerator ausgebildeten Stromquelle 3 angeschlossen ist. Möglich ist es jedoch auch, einen unipolaren, gepulsten Strom zu benutzen. In das Gehäuse 2 hinein ragt von einer Seite ein Target 4, welches aus dem in der Vorrichtung zu verdampfenden Material, also beispielsweise Titan, besteht und auf einer wassergekühlten Platte 5 aufliegt.

An der Außenseite der Platte 5 ist eine Magnetspule 6 angeordnet, welche mit einem Ende an der Kathode der Stromquelle 3 angeschlossen ist und mit ihrem anderen Ende mit der Platte 5 und damit auch dem Target 4 Verbindung hat.

Schematisch dargestellt ist innerhalb der Vakuumkammer 1 ein Zündfinger 7, der über einen ohmschen Widerstand 8 mit der Anode der Stromquelle 3 verbunden ist. Weiterhin ist eine Abschirmung 9 aus einem elektrisch leitenden Material dargestellt, die in eine nahe der Peripherie des Targets 4 umlaufende Nut 10 greift, ohne das Target 4 zu berühren, und über ein RC-Glied 11 mit dem Gehäuse 2 und damit dem Pluspol verbunden ist.

In der Vakuumkammer 1 zu beschichtende Substrate 12 sind auf einem in der Vakuumkammer 1 gegenüber dem Target 4 angeordneten Drehteller 13 gehalten.

Während des Beschichtungsvorganges fließt der Lichtbogenstrom zunächst durch die Magnetspule 6 und erzeugt dadurch ein äußeres Magnetfeld. Dieses soll einen Wert von  $10^{-3}$  T nicht übersteigen. Dadurch wird der Lichtbogenspot nur relativ schwach geführt. Er bewegt sich auf einer in Fig. 3 gezeigten, umlaufenden Bahn 14 über die Oberfläche des Targets 4. Während seiner Umlaufbewegung führt der Lichtbogenspot zugleich eine Schwing- oder Wobblebewegung in radialer Richtung aus, so daß er einen großen Bereich des Targets 4 erreicht.

Wenn man die Targetausbeute noch steigern will, dann kann man, was in Fig. 2 schematisch dargestellt ist, die Magnetspule 6 relativ zum Target 4 in Richtung eines Pfeiles 15 hin und her verschieben. Um das zu ermöglichen, muß die Magnetspule 6 über einen flexiblen Anschluß 16 mit der Platte 5 verbunden sein. Eine von der Stromquelle 3 zu ihr führende Leitung 17 hat meist ohnehin eine ausreichende Flexibilität, um diese Bewegung zu ermöglichen.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 4 ist das Target 4 als Rohrkörper 18 ausgebildet. Die Magnetspule 6 ist drehbar im Inneren dieses Rohrkörpers 18 angeordnet. Die Rückseite der Magnetspule 6 wird von einer Abschirmung 25 aus Weicheisen abgedeckt. Zur Stromzuführung ist wiederum die Kathode der Stromquelle 3 mit der Magnetspule 6 verbunden, wobei diese Verbindung über eine drehbare Welle 19 erfolgt, welche die

Magnetspule 6 trägt. Von der Magnetspule 6 fließt der Strom über einen Schleifkontakt 20 zum das Target 4 bildenden Rohrkörper 18. Zur Kühlung des Rohrkörpers 18 hat der Rohrkörper 18 eine Wasserzuführung 21 und eine Wasserabführung 22. Zum Zünden des Lichtbogens dient genau wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform ein Zündfinger 7.

Zur Begrenzung der Lichtbogenspots auf die Mantelfläche des Rohrkörpers 18 ist nahe seiner beiden Stirnseiten in ihm jeweils eine umlaufende Nut 10, 10a vorgesehen, in welche vergleichbar mit der Ausführungsform nach Fig. 1 die Abschirmung 9, 9a greift, die wiederum aus elektrisch leitendem Material besteht und über ein RC-Glied mit der Anode der Stromquelle 3 verbunden ist.

Auch bei der Ausführungsform nach Fig. 5 ist das Target 4 als Rohrkörper 18 ausgebildet. Dieser ist jedoch im Gegensatz zu Fig. 4 drehbar im Gehäuse 2 der Vakuumkammer 1 angeordnet. Die Magnetspule 6 ist ortsfest innerhalb des Rohrkörpers 18 vorgesehen, so daß sich im Betrieb der Rohrkörper 18 um die Magnetspule 6 herum drehen kann. Schematisch angedeutet ist in Fig. 5, wie die Stromzuführung von der Stromquelle 3 durch eine den Rohrkörper 18 tragende und ihn antreibende Welle 23 hindurch zur Magnetspule 6 und von dort über einen Schleifer 24 zum Rohrkörper 18 erfolgt. Die Anode ist wiederum am Gehäuse 2 angeschlossen. Die Substrate 12 sind bei dieser Ausführungsform natürlich nur an einer Seite der Magnetspule 6 angeordnet oder fahren an einer Seite vorbei.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Vakuumkammer
- 2 Gehäuse
- 3 Stromquelle
- 4 Target
- 5 Platte
- 6 Magnetspule
- 7 Zündfinger
- 8 Widerstand
- 9 Abschirmung
- 10 Nut
- 11 RC-Glied
- 12 Substrat
- 13 Drehteller
- 14 Bahn
- 15 Pfeil
- 16 Anschluß
- 17 Leitung
- 18 Rohrkörper
- 19 Welle
- 20 Schleifkontakt
- 21 Wasserzuführung
- 22 Wasserabführung
- 23 Welle
- 24 Schleifer
- 25 Abschirmung

#### Patentansprüche

1. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung zum Verdampfen eines an einer Kathode anliegenden Targets mittels zumindest eines durch einen von einem Lichtbogenstrom einer Stromquelle erzeugten Lichtbogenspots, welche zum Richten und Bewegen des Lichtbogenspots auf der Targetoberfläche mittels eines äußeren Magnetfeldes eine Magnet-

- spule mit und bei der das Target in eine an die Anode angeschlossene Vakuumkammer ragt, gekennzeichnet durch Mittel zum Einstellen des äußeren Magnetfeldes ( $B_s$ ) auf den jeweiligen Wert des Eigenmagnetfeldes des Lichtbogenstroms ( $B_i$ ) und dadurch, daß die Feldstärke des äußeren Magnetfeldes einen Wert von  $10^{-3}$  T nicht übersteigt.
2. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode der Stromquelle (3) über die Magnetspule (6) mit dem Target (4) verbunden ist.
3. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetspule (6) quer zur Ebene des Targets (4) motorisch verschiebbar ausgebildet ist.
4. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Randbereich der Kathodenoberfläche eine umlaufende Nut (10) vorgesehen ist, in welche eine Abschirmung (9) aus einem elektrisch leitenden Material ohne Berührung der Kathodenoberfläche greift und die über ein RC-Glied (11) mit der Anode verbunden ist.
5. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum Zünden des Lichtbogenspots ein über einen ohmschen Widerstand (8) mit der Anode verbundener Zündfinger (7) vorgesehen ist.
6. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Target (4) ein Rohrkörper (18) mit einer darin motorisch verdrehbaren Magnetspule (6) ist und die zu beschichtenden Substrate (12, 12a) ringförmig um den Rohrkörper (18) herum angeordnet sind.
7. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Target ein motorisch verdrehbarer, eine ortsfeste Magnetspule (6) umgebender Rohrkörper (18) ist.
8. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach den Ansprüchen 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der äußeren Mantelfläche des das Target (4) bildenden Rohrkörpers (18) jeweils eine umlaufende Nut (10, 10a) vorgesehen ist, in welche von den Stirnseiten des Rohrkörpers (18) her die Abschirmung (9, 9a) greift.
9. Lichtbogen-Verdampfungsvorrichtung nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromquelle (3) eine unipolare, gepulste Stromquelle (3) ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

FIG.1

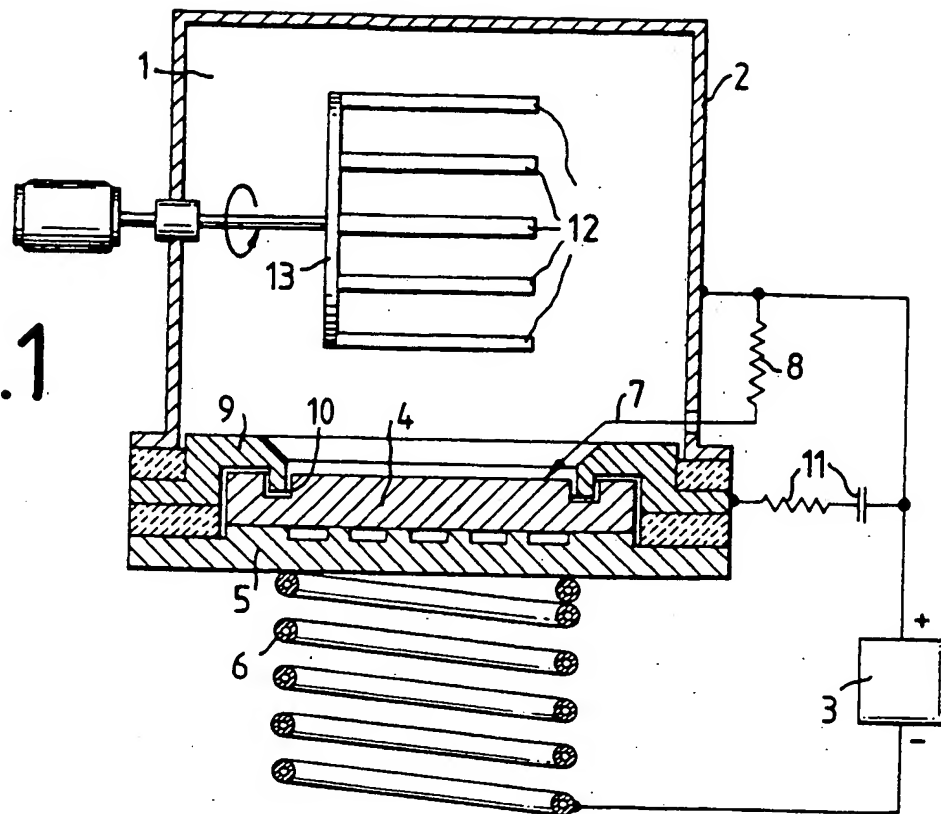


FIG. 2

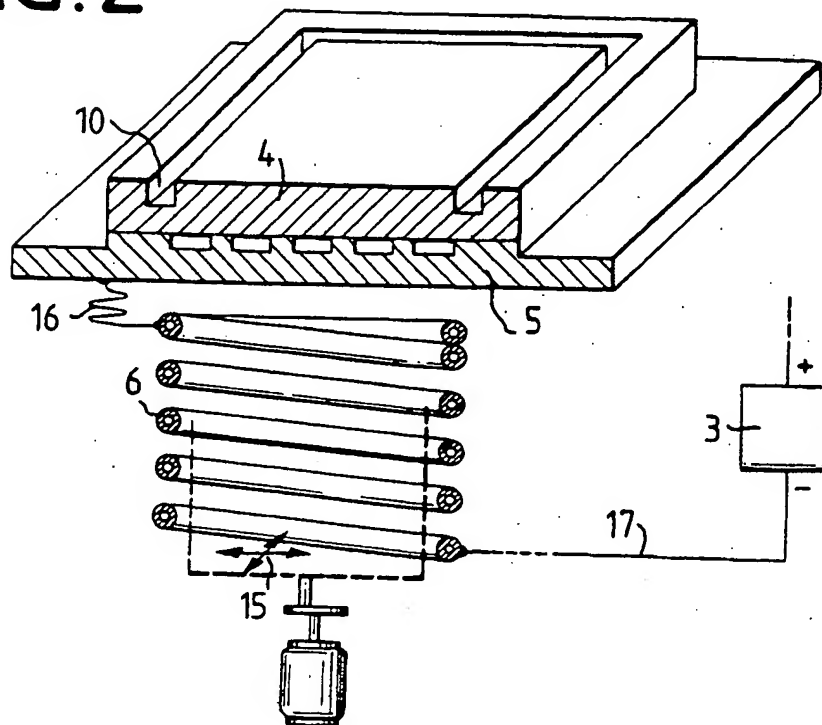


FIG.3

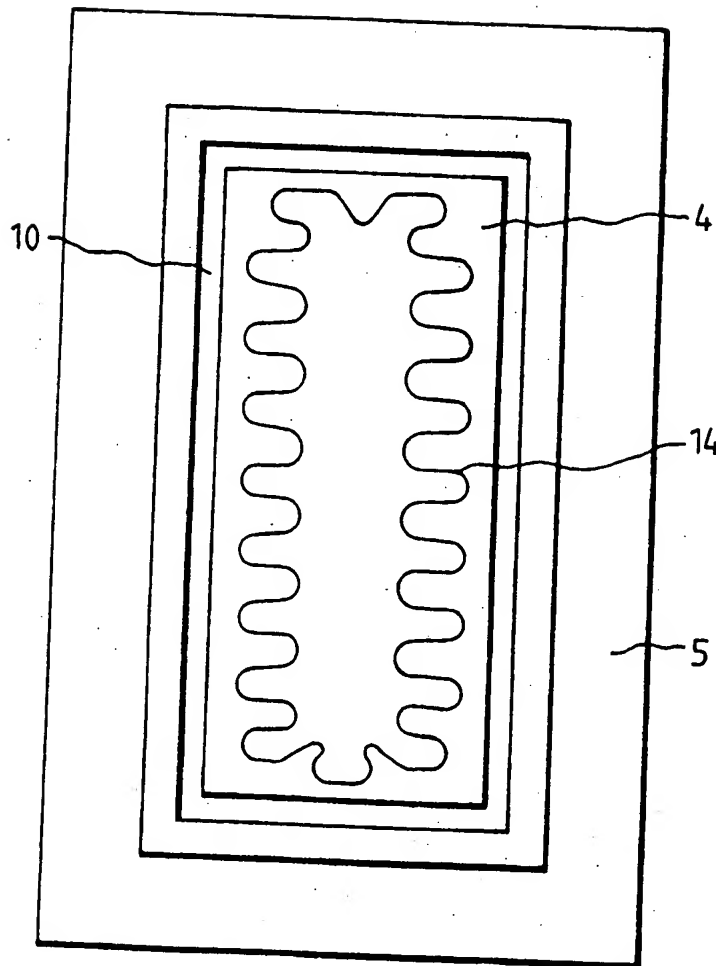


FIG. 4

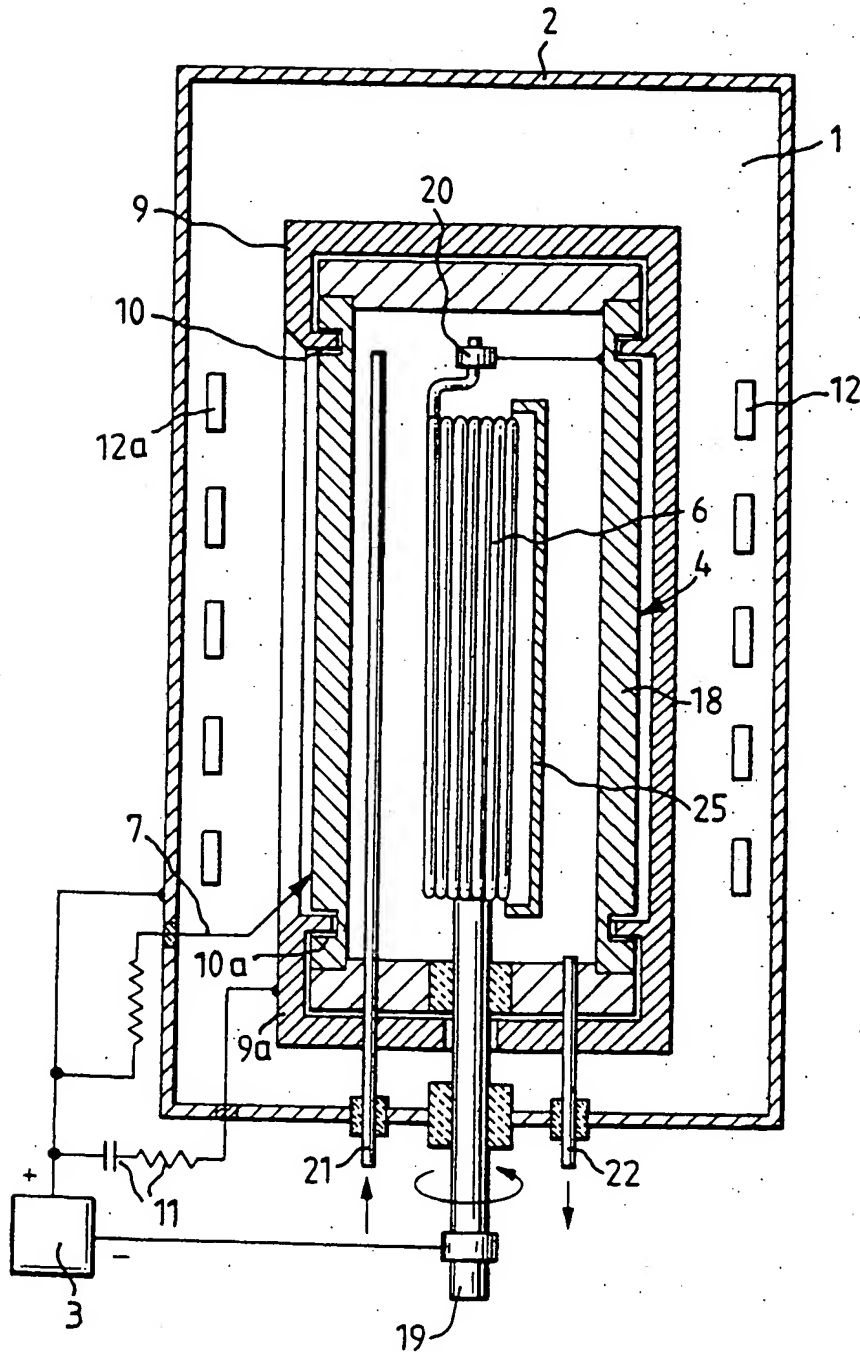


FIG. 5

